

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ САКСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ХІМІЧНОГО ЗАВОДУ

**Т. Г. Івашенко, І. Д. Пушкарьова**

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Мінприроди України  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2, м. Київ, Україна, E-mail: emaa@bk.ru

В роботі наведено результати оцінки екологічного стану ґрунтів територій Сакського державного хімічного заводу, діяльність якого припинено у 1996-1998 рр., але територія заводу покрита відходами виробництва, що були накопичені за всі роки його існування. Зазначено, що при аналізованні проб ґрунту, було виявлено більш ніж 25 забруднюючих компонентів. Досліджено вплив найбільш небезпечних токсикантів – важких металів, зокрема тих, що відносяться до першого класу небезпеки: кадмій, ртуть, свинець, селен, цинк, миш'як. Екологічний стан ґрунту та категорія його забруднення оцінювалися за показником сумарного забруднення (Zc), згідно методики Є. Г. Гончарука. Установлено, що в окремих пробах концентрації забруднювачів перевищують установлені гранично допустимі більш ніж у 2,4-43 рази. Визначено, що згідно використовуваної методики ґрунти відносяться до III категорії забрудненості (Zc = 38,67), тобто небезпечної. Відмічено підвищену екологічну небезпеку токсикантів та наведена характеристика їх негативного впливу на рослини та організм людини. Запропоновано розробку проекту рекультивації забруднених ґрунтів.

**Ключові слова:** ґрунти, важкі метали, оцінка екологічного стану, екологічна небезпека.

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИЙ САКСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

**Т. Г. Івашенко, І. Д. Пушкарева**

Государственная экологическая академия последипломного образования и управления Минприроды Украины

ул. Митрополита Василия Липковского, 35, корп.2, г. Киев, Украина, E-mail: emaa@bk.ru

В работе приведены результаты оценки экологического состояния почв территорий Сакского государственного химического завода, деятельность которого остановлена в 1996-1998 гг., но территория заводу покрита отходами производства, которые накоплены за все годы его существования. Отмечено, что при анализе проб почвы было выявлено более 25 загрязняющих компонентов. Исследовано влияние наиболее опасных токсикантов - тяжелых металлов, в частности относящихся к первому классу опасности: кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, мышьяк. Экологическое состояние почв и категория его загрязнения оценивались соответственно показателю суммарного загрязнения (Zc), согласно методике Е.Г. Гончарука. Установлено, что в отдельных пробах концентрации загрязнителей превышают установленные предельно допустимые более чем в 2,4-43 раза. Определено, что согласно используемой методике почвы относятся к III категории загрязненности (Zc = 38,67), то есть опасной. Отмечено повышенную экологическую опасность токсикантов и приведена характеристика их негативного воздействия на растения и организм человека. Предложено разработать проект рекультивации загрязненных почв.

**Ключевые слова:** почвы, тяжелые металлы, оценка экологического состояния, экологическая опасность.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Господарська діяльність людства набула планетарного розмаху і виробничі процеси зрівнялись за інтенсивністю з природними. Сучасний стан взаємовідносин в системі "людина-природа" і наукова спільнота, і суспільство вже давно оцінюють, щонайменше, як кризовий. До середини ХХ століття темпи інгредієнтного та параметричного забруднень зросли і їхній якісний склад змінився настільки різко, що на значних територіях здатність природи до самоочищення була втрачена.

Сучасний стан економіки України обумовлює факт нестачі у підприємств необхідних фінансових ресурсів для здійснення повноцінної природоохоронної діяльності. Але і за умови виходу з кризового становища промислове виробництво не можливе без негативного впливу на якісний стан довкілля.

Так, сучасні умови життєдіяльності АР Крим характеризуються рядом значних екологічних проблем, що призвели до погіршення стану ґрунтів та поверхневих вод, посилення заболочення, підтоп-

лення та затоплення територій, втрати ландшафтного та біологічного різноманіття, забруднення атмосферного повітря автотранспортом та промисловим виробництвом, накопичення значних об'ємів відходів, у тому числі небезпечних.

Місто Саки є найстарішим бальнеогрязевим курортом, відомим і популярним завдяки своїм високомінералізованим муловим приморським грязям. Сакське солоне озеро - безцінний дар природи людям. Озеро безстічне, тому дно його вкрите потужним шаром мулової мінеральної грязі. Вона унікальна за своїми лікувальними властивостями (поліпшує обмінні процеси, периферичний кровообіг, кровообіг внутрішніх органів, кровопостачання серця, функцію серцево-судинної системи, сприяє знеболюванню, стимуляції регенеративних процесів, нормалізує гормональний фон, сприяє виведенню з організму радіонуклідів та ін.

Окрім лікувальних якостей, грязь озера використовувалась як джерело сировини для хімічної промисловості, зокрема для потреб Сакського держав-

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

ного хімічного заводу, що був введений в експлуатацію у 1916 році.

Сакський державний хімічний завод (СХЗ) – один із найбільших хімічних заводів Криму. У 60-х роках минулого століття на СХЗ почалося виробництво перманганату натрію (відбілювач), калію і амонію бромистих (добрива), бромистого метилу (інсектецид) та ін. З 1973 року на території хімічного заводу було запущено цех з виробництва перманганату калію. Загалом, у минулому СХЗ стабільно працював і виробляв більш ніж 40 видів хімічної продукції. Зокрема, виробництво перманганату калію та бромистого метилу єдине у СНД.

Бромистий метил ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) - органічна речовина, галогенпохідне метану. Сильнодіюча отрута. Фумігант, що використовувався для знезараження рослинних матеріалів від шкідників, зокрема щитовок, борошнистих червців, а також для боротьби зі шкідниками при зберіганні свіжих і сухих овочів і фруктів, рідше - для обробки зерна. Також застосовувався при обробці вживаного одягу.

Відходи виробництва бромистого метилу та інших хімічних речовин, що були основою виробництва СХЗ, в основному є небезпечними та містили компоненти I класів небезпеки.

Загалом, виробнича діяльність СХЗ супроводжувалася значним впливом на навколишнє середовище. Переповнені накопичувачі підтоплюють сільськогосподарські угіддя прилеглих господарств, в атмосферу викидалися сполуки сірчистого ангідриду, окису вуглецю, солі хлору, брому. Сумарні обсяги викидів цих речовин досягали щорічно близько 60-70 тис.т. Серйозний збиток наносився також морському середовищу, куди щорічно потрапляло 16-18 млн. м<sup>3</sup> рідких відходів.

Але у 1996-1998 рр. діяльність СХЗ було припинено. У 2004 р. підприємство було визнано банкрутом та на теперішній час знаходиться на стадії санації. За останні роки обладнання заводу було демонтовано та вивезено, будівлі і споруди зруйновано (рис. 1).



Рисунок 1 – Зруйнована будівля на території СХЗ

Територія заводу покрита будівельним сміттям та відходами виробництва, що були накопичені за всі роки існування заводу (рис. 2).

Забруднення ґрунту, таким чином, щорічно підсилюється. Особливу небезпеку забруднення стано-

влять важкі метали, як основні компоненти відходів виробництва СХЗ, зокрема першого класу небезпеки.



Рисунок 2 – Ґрунти території СХЗ вкриті будівельним сміттям та відходами виробництва

*Мета роботи* – дослідження сучасного екологічного стану ґрунтів території СХЗ за впливу важких металів першого класу небезпеки.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.**

Для дослідження екологічного стану ґрунтів території СХЗ було відібрано проби за [1].

Досліджували концентрації забрудників у ґрунті, що притаманні відходам даного специфічного виробництва, зокрема важкі метали та інші токсичні хімічні речовини.

Аналіз проб ґрунту показав, що в ньому наявні більш ніж 25 забруднюючих компонентів, а саме: аргентум, алюміній, астат, бор, барій, вісмут, кальцій, кадмій, кобальт, купрум, хром, ферум, галій, ртуть, калій, літій, магній, манган, натрій, нікель, фосфор, свинець, стибій, селен, стронцій, титан, ванадій, цинк та ін.

Оскільки основну еколого-токсикологічну небезпеку становлять важкі метали, особливо такі, що відносяться до першого класу небезпеки, то згідно [2] вони були виділені в пріоритетну групу дослідження (табл. 1).

Таблиця 1 – Віднесення хімічних речовин у ґрунті до класів небезпек [2]

Клас небезпеки	Хімічна речовина
I	арсен, кадмій, ртуть, свинець, селен, цинк
II	бор, кобальт, нікель, молібден, мідь, сурма, хром
III	барій, ванадій, вольфрам, марганець, стронцій

Проби ґрунту було піддано багатоеlementному хімічному аналізу за допомогою атомно-емісійного спектрометра з індуктивно-зв'язаною плазмою IRIS Intrepid II XSP DUO виробництва фірми "Termo Elemental" (США) на базі ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» м. Жовті Води.

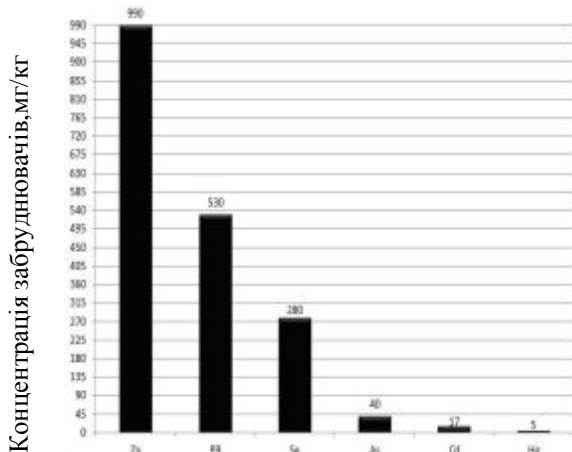
Характерною особливістю ґрунтів є те, що заб-

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

руднення переміщуються в них природним шляхом значно повільніше, ніж у інших природних середовищах. Унаслідок цього, вони акумулюють трансформовані забруднюючі речовини, які нерідко бувають ще токсичнішими, ніж вихідні забруднювачі, потім ці речовини потрапляють в атмосферне повітря, поверхневі й ґрунтові води.

Основним критерієм гігієнічної оцінки забруднення ґрунтів хімічними речовинами є їх гранично допустима концентрація. Принцип нормування хімічних речовин у ґрунті значно відрізняється від принципів, покладених в основу нормування їх у водоймах, атмосферному повітрі, харчових продуктах. Хімічні речовини, що потрапили в ґрунт надходять в організм людини основним чином через контактуючі з ґрунтом середовища, зокрема рослинність. Тому при нормуванні хімічних речовин у ґрунті враховується не тільки та небезпека, яку представляє ґрунт при безпосередньому контакті з ним, але й наслідки вторинного забруднення контактуючих з ґрунтом середовищ. Тому, встановлення ГДК забруднюючих речовин у ґрунті є достатньо складним процесом і знаходиться на початковій стадії становлення (до теперішнього часу встановлено ГДК лише для 30 шкідливих речовин, переважно отрутохімікатів). Так, для деяких хімічних елементів, навіть таких, що відносяться до першого класу небезпеки - Cd та Se, нормативи відсутні. З метою оцінки забруднення ґрунту територій СХЗ важкими металами першого класу небезпеки, використані діючі в Німеччині нормативи забрудників у ґрунті [3].

Результати аналізу проб ґрунту на вміст визначених важких металів показали, що в окремих пробах концентрації забруднювачів перевищують установлені нормативи більш ніж у 2,4-43 рази (рис.3).



Досліджувані важкі метали

Рисунок 3 – Максимальні спостережувані концентрації важких металів у пробах ґрунту

Дані рис. 3 показують, що у окремих пробах ґрунту концентрація Zn перевищує гранично допустиму у 43 рази, концентрація Pb – у 17,6 разів, Se – у 28 разів, As – у 20 разів, Cd – 5,7 разів, Hg – 2,4 рази, що вказує на підвищену екологічну небезпеку забруднення ґрунту територій СХЗ.

Так, оцінка ступеню небезпеки забруднення

ґрунту за кожною окремою хімічною речовиною, проводиться з урахуванням загальних закономірностей: фактичного вмісту компоненту забруднення ґрунту, перевищення понад гранично допустиму концентрацію, за персистентністю, розчинністю у воді і рухомістю у ґрунті, глибиною забрудненого шару контрольованою речовиною та за коефіцієнтом  $K_o$ , що розраховується за формулою [4]:

$$K_o = C / ГДК \quad (1)$$

Але при поліелементному забрудненні, екологічний стан ґрунту та рівень його забруднення оцінюється згідно методики Є. Г. Гончарука [5] за показником сумарного забруднення ( $Z_c$ ), що представляє собою адитивну суму перевищень коефіцієнтів концентрацій кожного хімічного елементу над фоновим рівнем:

$$Z_c = \sum K_{c_i} - (n-1) \quad (2)$$

де  $n$  – число елементів,  $K_{c_i}$  – коефіцієнт концентрування важких металів в ґрунті, що визначається за формулою:

$$K_{c_i} = C_i / C_{фон} \quad (3)$$

де  $C_i$  – концентрація рухомої форми ВМ у ґрунті, мг/кг;  $C_{фон}$  – фонові концентрації рухомої форми важкого металу в ґрунті, мг/кг.

Для характеристики рівня небезпеки забруднених ґрунту, використовували шкалу, табл.2 [5].

Таблиця 2 – Орієнтовна оціночна шкала небезпеки забрудненості ґрунтів за показником  $Z_c$

Категорія забрудненості ґрунтів	Назва	Величина $Z_c$
I	Допустима	<16
II	Помірно допустима	16...32
III	Небезпечна	32...128
IV	Надзвичайно небезпечна	>128

Тож, для визначення екологічного стану ґрунту та рівня його поліелементного забруднення проводили оцінку достовірності отриманих у процесі дослідження експериментальних результатів щодо вмісту визначених важких металів у пробах ґрунту територій СХЗ. Використовували метод альтернативної варіаційної статистики за Стьюдентом-Фішером. У статистичну обробку результатів експериментів включали розрахунок відтворюваності або точності вимірів; стандартного відхилення  $S$ , дисперсії розподілу  $S^2$ . Відкидання малоімовірних даних проводили з урахуванням Q-критерію [6].

Відповідно до статистичної обробки було визначено середню концентрацію рухомої форми кожного окремого забруднювача у ґрунті територій СХЗ. На основі отриманих результатів розраховано коефіцієнт концентрування важких металів в ґрунті та показник сумарного забруднення ґрунту. Результати розрахунків наведені у табл. 3.

Результати розрахунків, що наведені у табл. 3 свідчать про те, що згідно орієнтовної оціночної шкали небезпеки забрудненості ґрунтів за показником сумарного забруднення, ґрунти територій СХЗ

**Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля**

відносяться до III категорії забрудненості ґрунту ( $Z_c = 38,67$ ), тобто до небезпечної.

Таблиця 3 – Результати розрахунків показника сумарного забруднення ґрунту ( $Z_c$ )

Забруднююча речовина	ГДК, мг/кг (з врахуванням фону - кларк)	$K_{ci}$	$Z_c$
As	2	10,64	38,67
Cd	3	1,6	
Hg	2,1	2,04	
Pb	30	5,51	
Se	10	10,13	
Zn	23	13,75	

Це може призвести до непередбачуваного характеру екологічної небезпеки, оскільки важким металам не характерна біодеградація, а притаманна акумуляція у навколишньому середовищі, що призводить до потрапляння токсикантів через трофічні ланцюги до організму людини. Сполуки досліджуваних важких металів є надзвичайно токсичними для людини [7–9].

Так, до числа основних токсичних ефектів, що чинить Cd на вищі рослини, входить зниження поглинання мінеральних елементів, інгібування активності ферментів, фотосинтезу і дихання. Вплив солей Cd для людини характеризується мутагенними та канцерогенними властивостями. За його надлишкового концентрування блокується робота ряду важливих для життєдіяльності організму ферментів, вражається печінка, нирки, підшлункова залоза. Кадмію притаманна здатність викликати емфізему, рак легенів. Hg у рослин викликає інгібування клітинного дихання, зниження ферментативної активності. Hg характеризується спорідненістю до SH-груп, із цим пов'язана її небезпека для організму людини. При ртутній інтоксикації блокується синтез білка. Ртуть накопичується в нирках, головному мозку та інших тканинах, що збагачені ліпідами, порушуючи їх діяльність. Pb спричиняє загальний негативний вплив на розвиток рослин, що проявляється у зменшенні ефективності фотосинтезу, адсорбції води та ін. У людини викликає анемію, порушення функціонування нирок. Поглинутий свинець накопичується в кістках у вигляді нерозчинних трьохосновних фосфатів, що з часом стають мобільними, переходять у кров і викликають отруєння у загостреній формі. Se за високих концентрацій інгібує в рослинах біосинтез  $\alpha$ -амінолевулінової кислоти і збільшує вміст абсцизової кислоти, що негативно впливає на ріст та розвиток рослин. Se у людини викликає захворювання дихальних шляхів та порушення усіх систем органів. Поряд з цим негативна дія надлишку селену залежить від властивої йому хімічної спорідненості з гемоглобіном. Він порушує функції гемоглобіну і знижує рівень тканинного дихання в організмі. Є у 10 разів токсичнішим за свинець.

Токсичність Zn для рослин полягає у зменшенні фіксації фосфору та заліза; викликає некрози тканин листя і пагонів. У людини - призводить до загальної інтоксикації та мутацій ДНК, сприяє діленню рако-

вих клітин, спричинює анемію, деформацію кісток, порушує газообмін і кислотність тканинної рідини і плазми крові.

Надлишок As у рослинах призводить до пригнічення темпів росту та значного зменшення врожайності. Для людини це імунотоксичний елемент, вражає нервову систему, кістковий мозок, шлунково-кишковий тракт, шкіру, викликає рак легенів та нирок [7–9].

**ВИСНОВКИ.** Результати досліджень роботи демонструють значну екологічну небезпеку забруднення ґрунтів територій СХЗ важкими металами, що відносяться до першого класу небезпеки. В окремих пробах концентрації забруднювачів перевищують гранично допустимі більш ніж у 40 разів. Так, згідно орієнтовної оціночної шкали небезпеки забрудненості ґрунтів при поліелементному забрудненні за показником  $Z_c$  - вони відповідають III категорії (небезпечній). Такий стан забруднення ґрунтів характеризується підвищеною екологічною небезпекою та може викликати захворюваність населення. Тому, необхідним є розробка проекту рекультивувати забруднених територій СХЗ, що передбачатиме вивіз та знешкодження ґрунту, а згодом територія заводу має бути покрита рекультивувальним шаром для запобігання поширенню та накопиченню токсикантів.

Автори вдячні за допомогу у проведенні досліджень співробітникам ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» м. Жовті Води та особисто директорів центру к.т.н. Сороці Ю. М.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-83. – [Чинний від 1984-01-07]. – М.: Государственный комитет по стандартам СССР. – 4с.
2. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02-83. – [Чинний від 1985-01-01]. - М.: Государственный комитет по стандартам СССР. – 4с.
3. Ständiger Ausschuss Altlasten der Bund / Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), 1, Stand: 21. Marz, 2006.
4. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. – 112с.
5. Гончарук Е. Г. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами / Е. Г. Гончарук. – М.: Высшая школа, 1996. – 320с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352с.
7. Охорона техноприродних екосистем від техногенного забруднення / [Старчак В. Г., Пушкарьова та ін.] // Фальцфейнівські читання – 2009. – С. 339-342.
8. Давидова С. Л., Тагасов В. И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века / С. Л. Давидова, В. И. Тагасов. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140с.
9. Екотоксикологія / [Снітинський В.В., Хірівський П.Р., Гнатів П.С. та ін.] - Херсон: Олдіплюс, 2013. – 330 с.



ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOILS STATUS OF SAKI STATE CHEMICAL PLANT AREAS

T. Ivashchenko, I. Pushkaryova

State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine

vul. Metropolita Vasilya Lipkivskogo, 35, block 2, Kiev, Ukraine, E-mail: emaa@bk.ru

Paper gives the results of the environmental soils status assessment of Saki State Chemical Plant areas, which stopped operations in 1996-1998, but the area of the plant is covered with industrial waste that had been accumulated over the years of its existence. It was noted that in the analysis of soil samples more than 25 contaminants were found. The effect of the most dangerous toxic substances - heavy metals, in particular relating to the first class of danger: cadmium, mercury, lead, selenium, zinc, arsenic was studied. Ecological condition of the soil and its pollution category was evaluated respectively overall pollution index (Zc), according to the procedure E. Goncharuk. It was established that in some samples pollutant concentrations exceed the established limits by more than 2,4-43 times. It was determined that, according to the methodology used soil contamination belongs to category III (Zc = 38,67), that is dangerous. An increased environmental risk of toxicants was noted and the characteristics of their negative effects on the plants and human were shown. It was proposed to develop project of contaminated soil remediation.

**Key words:** soils, heavy metals, environmental status assessment, ecological hazard.

REFERENCES

1. The Nature Protection. Soils. Classification of chemical substances for pollution control: StST 17.4.1.02-83. – (Acting on 1985-01-01), State Standards Committee of the USSR, Moscow, Russia.
2. The Nature Protection. Soils. General requirements for sampling: StST 17.4.3.01-83. – (Acting on 1984-01-07), State Standards Committee of the USSR, Moscow, Russia.
3. Standing Committee Legacy of the Federal / State Working Group on Soil Protection (LABO) (2006), 1 – (Acting on 21 March).
4. Guidelines for geochemical assessment of urban territories pollution by chemical elements (1982), IMGRE, Moscow, Russia.
5. Goncharuk, E.G. (1996), *Sanitarnaya ohrana pochvi ot zagryazneniya himicheskimi veshchestvami* [Sanitary protection of soils from chemical pollution], Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
6. Lakin, G. (1990), *Biometriya* [Biometrics], Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
7. Starchak, V., Pushkaryova, I. a.o. (2009), “Protection of technonatural ecosystems from technogenic pollution”. *Zbirnyk naukovykh prats VI Mizhnarodnoi konferentsii “Falzfeinivski chitannya”* [Conference proceeding of the 6th International conference], Kherson, KhDU, May 21-23, 2009, pp. 339-342.
8. Davydova, S.L., Tagasov, V.I. (2002), *Tyazheliye metallic kak supertoksikanti XXI veka* [Heavy metals as supertoxicants of XXI century], RUDN, Moscow, Russia.
9. Snitinsky, V., Hirivsky, P., Hnativ, P. a.o. (2013), *Ekotoksikologiya* [Ecotoxicology], Oldie-Plus, Kherson, Ukraine.